

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-289751

(43)Date of publication of application : 05.11.1993

(51)Int.Cl.

G05D 7/06  
G01F 1/68  
G01F 25/00  
// H01L 21/205

(21)Application number : 04-095285

(71)Applicant : HITACHI METALS LTD

(22)Date of filing : 15.04.1992

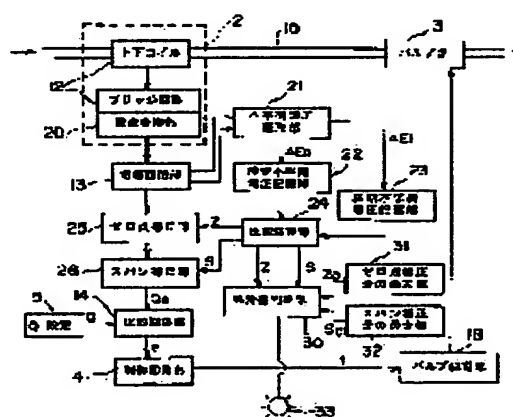
(72)Inventor : TANAKA MAKOTO

## (54) AUTOMATIC CORRECTION METHOD FOR ZERO-POINT/SPAN SHIFT OF MASS FLOW CONTROLLER AND MASS FLOW CONTROLLER CONTAINING AUTOMATIC CORRECTION FUNCTION

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To ensure the flow rate control for a long period of time and with high accuracy by securing the coincidence of temperature distributions between the working and correction states of the sensor part of a mass flow controller(MFS) and then correcting occasionally and automatically the zero-point shift and the span shift with the MFC kept on a production line.

**CONSTITUTION:** A current converter part 20 is provided to change in steps the level of the current supplied to a sensor coil 12. Then each unbalanced voltage caused based on the current change of the part 20 is stored in an initial unbalanced voltage storage part 23 via an unbalanced voltage reading part 21 in an initial correction state of a sensor. Meanwhile each unbalanced voltage detected in a sensor working state under the same conditions as the initial correction state is stored in a detected unbalanced voltage storage part 22. Both zero-point and span shift correction values are obtained through the comparison and calculation of both unbalanced voltage levels. Based on these correction values, both the zero-point and span shifts are corrected by a zero-point correction part 25 and a span correction part 26 respectively. In such a constitution, the highly accurate flow rate control is assured for a long period of time.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-289751

(43) 公開日 平成5年(1993)11月5日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 5 D 7/06

Z 8610-3 H

G 0 1 F 1/68

25/00

8201-2 F

// H 0 1 L 21/205

審査請求 未請求 請求項の数 4

(全8頁)

(21) 出願番号 特願平4-95285

(22) 出願日 平成4年(1992)4月15日

(71) 出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

(72) 発明者 田中 誠

三重県桑名市大福2番地 日立金属株式会

社桑名工場内

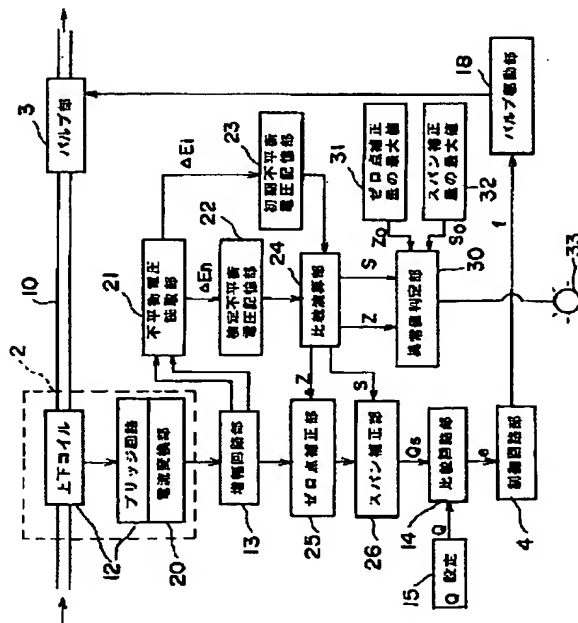
(74) 代理人 弁理士 大場 充

(54) 【発明の名称】 マスフローコントローラのゼロ点シフト及びスパンシフトを自動補正する方法及びその自動補正機能付きマスフローコントローラ

(57) 【要約】

【目的】 半導体製造ラインなどに設置したままの状態  
でゼロ点シフト及びスパンシフトを自動補正する方法及  
びその機能を備えたMFCを提供すること。

【構成】 センサコイルに通じる電流値を段階的に変化  
させる電流変換部を設け、センサの初期校正時に前記電  
流変換部の電流変化に基づく各不平衡電圧を記憶し、他  
方センサを使用中で、初期校正時と同条件で検出した各  
不平衡電圧を記憶し、この両不平衡電圧を比較、演算す  
ることによって得られるゼロ点補正量とスパン補正量に  
基づいて、自動的にゼロ点シフト及びスパンシフトを補  
正するMFCである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被測定流体が流れるセンサパイプの上流側と下流側との外周面にそれぞれ感熱抵抗線によって形成した上流側コイルと下流側コイルとを巻回し、該上流側コイルと下流側コイルと他の抵抗によってブリッジ回路を構成し、前記上流側コイルと下流側コイルに通じる電流を等しくほぼ一定に保ち、前記ブリッジ回路の不平衡電圧を検出することによって前記センサパイプ内を流れる流体の流量を測定する熱式質量流量計センサを備えたマスフローコントローラにおいて、

前記センサの初期校正時に流体を流さない状態で、前記センサの上流側コイルおよび下流側コイルのいずれかまたは両方に通じる電流を段階的に変化させ、両コイルに通じる電流差から生じる温度差すなわち抵抗差をブリッジ回路の各不平衡電圧として取り出し記憶し、その後の該マスフローコントローラを使用中の随時において、前記初期校正時と同条件で検出した各不平衡電圧を記憶し、前記初期校正時の各不平衡電圧と前記使用中での各不平衡電圧を比較して得られるゼロ点補正量とスパン補正量に基づいて随時、自動的にゼロ点シフト及びスパンシフトを補正することを特徴とするマスフローコントローラのゼロ点シフト及びスパンシフトを自動補正する方法。

【請求項2】 被測定流体が流れるセンサパイプの上流側と下流側との外周面にそれぞれ感熱抵抗線によって形成した上流側コイルと下流側コイルとを巻回し、該上流側コイルと下流側コイルと他の抵抗によってブリッジ回路を構成し、前記上流側コイルと下流側コイルに通じる電流を等しくほぼ一定に保ち、前記ブリッジ回路の不平衡電圧を検出することによって前記センサパイプ内を流れる流体の流量を測定する熱式質量流量計センサを備えたマスフローコントローラにおいて、

前記センサの上流側コイルおよび下流側コイルのいずれかまたは両方に通じる電流値を段階的に変化させる電流変換部を設けると共に、前記センサの初期校正時に流体を流さない状態で前記電流変換部によってコイルに通じる電流値を段階的に変化せしめ、該電流差から生じる両コイルの温度差すなわち抵抗差をブリッジ回路の各不平衡電圧としてとり出し、記憶する初期不平衡電圧記憶部と、一方該マスフローコントローラを使用中で、前記センサの検定時に前記初期校正時と同条件で検出した各不平衡電圧を記憶する検定不平衡電圧記憶部と、前記初期不平衡電圧記憶部と検定不平衡電圧記憶部の値を比較する比較部と、該比較部から得られる結果に基づいて所定の演算を行う演算部と、該演算部から出力されるゼロ点補正量とスパン補正量に基づいて自動的にゼロ点シフト及びスパンシフトを補正する、ゼロ点補正部及びスパン補正部とを設けたことを特徴とする自動補正機能付きマスフローコントローラ。

【請求項3】 請求項2記載の電流変換部は、ブリッジ

回路の上流側コイルに流れる電流を段階的に減少させると共に下流側コイルに流れる電流を段階的に増加させる複数の異なる値をもつ抵抗体を切替え可能にそれぞれ付加したものであることを特徴とする自動補正機能付きマスフローコントローラ。

【請求項4】 請求項2または3記載の自動補正機能付きマスフローコントローラにおいて、異常値判定部を設け、上記ゼロ点補正量あるいはスパン補正量を前記異常値判定部に入力すると共に、該異常値判定部に予め設定したゼロ点補正量あるいはスパン補正量の最大値と比較し、この結果少なくとも一方が前記最大値を越えたとき、外部に警報を発生するようにしたことを特徴とする自動補正機能付きマスフローコントローラ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体製造装置などに用いられるマスフローコントローラに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 例えば半導体の製造に用いられる各種のガスを半導体製造装置に供給する場合それらの供給流路にマスフローコントローラ（以下MFCという）をそれぞれ設けこれによってガス流量をそれぞれ調節している。図4は、従来のMFCの構成を概略的に示す構成図で、MFCは流量を検出するセンサ部2、流量を調節するバルブ部3、および制御回路部4の三要素から構成されている。そして、入口流路5から流れ込んだガスは、センサパイプ10とバイパス部11に一定の分流比で分流され、このセンサパイプ10に流れる微小流量を検出することで全体の流量を知ることができる。その後バルブ部3で流量調節された後出口流路6から導出される。

【0003】 センサ部2は図5に示すように、キャピラリーチューブ状のセンサパイプ10の外側で上流側と下流側にそれぞれ一対の感熱抵抗線によって形成したコイルを巻いたもので、この上流側コイル7及び下流側コイル8と他の一対の固定抵抗 $R_1$ 、 $R_2$ との間でブリッジ回路12を構成している。従って、このブリッジ12に電流 $I$ を流すと両コイルは発熱するが、流量が0の場合、上流側と下流側の温度分布は共に等しくなり、即ち電気抵抗値が等しくなりブリッジ回路12の出力電圧 $\Delta E$ は0となる。一方、ガスが流れるとその熱が上流側から下流側へ運ばれて、上流側コイル7の平均温度が下がり下流側コイル8の平均温度が上昇する。この温度変化によって電気抵抗値 $R_7$ 、 $R_8$ が変化し、ブリッジ回路に不平衡電圧 $\Delta E$ として出力する。この出力は質量流量と比例することからガスの流量を測定信号として検出することができる。

【0004】 次に上記検出流量 $Q_s$ は増幅回路部13を介して流量表示計において表示できるように外部端子16に出力されると共に、比較回路部14に入力される。この比較回路部14には希望する流量を設定するための流量設定

信号Qが入力されるようにしてある。そして、比較回路部14では前記流量設定信号Qと検出流量Qsとを比較して両者の差を計数し、その差信号eを出力するように構成されている。前記差信号eをもとに制御回路部4によって所定の演算を行い、それによって得られる制御信号fをバルブ駆動部18に出力し、バルブ部3によって調節するように構成されている。従って、上記のように構成されたMFCによれば、センサ部2からの検出流量Qsと流量設定信号Qとを比較回路部14において比較し、この比較回路部14から出力される差信号eを処理して得られる制御信号fに基づいてバルブ部3の開度制御を行うことができ、これによってガスの流量を調整することができる。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】以上より、上記MFCの作動中の制御流量は外部から与えられる流量設定信号Qと測定された検出流量Qsとによってのみ決定される。ところが、現場でしばしば直面する問題点は設定流量Qに対する実流量QFの変動という問題である。この問題は検出流量Qsと実流量QFとの間に誤差が生じているにもかかわらず、そのまま補正なしに比較してしまうことから生じている。変動原因としては、上流側コイルと、下流側コイルの温度分布のバランス即ち抵抗バランスが変化し、ガスを流さない状態でブリッジ回路に不平衡電圧を生じてしまういわゆるゼロ点シフト。及び、流量に対する上流側コイルと下流側コイルの温度変化量が初期校正時の状態から変化し流量に対する出力電圧の傾きが変化してしまう、いわゆるスパンシフトが大きな要因としてあげられる。具体的には、実際製造ラインで実ガスを流してMFCを使用した場合の、センサパイプ内への反応物の付着や、センサの経年による特性変化などが変動要因である。この為上記したゼロ点やスパンは徐々にこの影響を受けて、ゼロ点シフト、スパンシフト等の変動が生じることは避けられない。

【0006】一方上記スパンの設定は、MFCの初期校正時（通常工場出荷前）にMFCの出口側に体積式等の別の流量計を直列に配管して、この別の流量計とMFCに同時にガスを流しながら、MFC内の増幅回路の可変抵抗により増幅量を調整して行っており、実ガス流量を測定するための別の手段を持たない実際の製造ラインではスパンのずれ（流量変化のずれ）を検出することは困難である。即ち、MFCの実流量を検定するためにはMFCを製造ラインから一旦取り外して別の流量計で検定し直さなければならず、これには大変な手間と時間を費やすので、事実上この検定はMFCメーカーにゆだねられていた。またゼロ点シフトについては、製造ライン中でもガスを流さない状態でMFCの出力電圧が0かどうかを検査し、この結果に基づき制御回路内に設けられているゼロ点調整用の可変抵抗を調整することで補正できるが、定期的にこの検査が必要であり実際の製造ラインで

は実施が難しかった。以上のことより、MFCを製造ラインに設置した後に、これらの変動要因を未然に検出し補正することは困難であり、結局ある時期になれば別のMFCと交換することによって解決するしか手がないのが実情であった。

【0007】ところが、最近になって従来にない以下のような補正機能を備えたMFCが提案されている。このものは、従来のセンサ用コイルとは別にさらに下流側に第三のコイルを設けたものである。この第三のコイルは、ガス流量が0の状態において、ガスが流れているときと同様の温度分布を生じさせることが目的であって、即ち工場出荷時の校正時にこの第三のコイルに流す電流をコントロールすることにより、流量が例えば25%、50%、75%、100%に相当する温度分布を強制的に発生させ、その際のセンサ出力値を第三のコイル電流値と合わせて記憶させる。従って、この電流値がその後の校正基準となり、使用中のままガス流量0状態で、各流量スケールに対する補正ができるというものである。

【0008】しかしながら、このものでは第三のコイルを設けることによって、機械的にセンサ部の構造が複雑になること。さらに、実際に製造ラインでMFCを使用中に計測している時のセンサコイルの温度分布は上流側コイル及び下流側コイル分だけの温度分布であるのに対し、初期校正時に記憶させた補正用の温度分布は第三のコイルがある分温度分布は下流側に大きくずれている。このため、両者を比較しても、実際には校正時と使用中での温度分布は一致していないため補正が不正確になっているという問題がある。以上のことより本発明の目的は、センサ部に機械的な構成などを加えることなく、校正時と流量計測時の温度分布を一致させ、かつ製造ラインに設置したままの状態でゼロ点シフト及びスパンシフトを随時、自動補正する方法及びその機能を備えたMFCを提供することにある。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、キャピラリーチューブ状のセンサパイプ内を流れる流体の流量をブリッジ回路の不平衡電圧を検出することによって測定する熱式質量流量計センサを備えたMFCにおいて、前記センサの初期校正時に流体を流さない状態で、前記センサの上流側コイルおよび下流側コイルのいずれかまたは両方に通じる電流を段階的に変化させ、両コイルに通じる電流差から生じる温度差すなわち抵抗差をブリッジ回路の各不平衡電圧として取り出し、記憶し、その後の該マスフローコントローラを使用中の随時において、前記初期校正時と同条件で検出した各不平衡電圧を記憶し、前記初期校正時の各不平衡電圧と前記使用中での各不平衡電圧を比較して得られるゼロ点補正量とスパン補正量に基づいて随時、自動的にゼロ点シフト及びスパンシフトを補正することを特徴とするマスフローコントローラのゼロ点シフト及びスパンシフトを自動補正する方法であ

る。

【0010】また、センサの上流側コイルおよび下流側コイルのいずれかまたは両方に通じる電流値を段階的に変化させる電流変換部を設けると共に、前記センサの初期校正時に流体を流さない状態で前記電流変換部によってコイルに通じる電流値を段階的に変化せしめ、この電流差から生じるブリッジ回路の各不平衡電圧を記憶する初期不平衡電圧記憶部と、他方このMFCを使用中で、前記センサの補正時に前記初期校正時と同条件で検出した各不平衡電圧を記憶する検定不平衡電圧記憶部と、前記初期不平衡電圧記憶部と検定不平衡電圧記憶部の値を比較する比較部と、この比較部から得られる結果に基づいて所定の演算を行う演算部と、この演算部から出力されるゼロ点補正量とスパン補正量に基づいて、自動的にゼロ点シフト及びスパンシフトを補正するゼロ点補正部及びスパン補正部とを設けた自動補正機能付きMFCである。

【0011】また、上記電流変換部はブリッジ回路の上流側コイルに流れる電流を段階的に減少させると共に下流側コイルに流れる電流を段階的に増加させるために、複数個の異なった値をもつ抵抗体を切替え可能に上流側、下流側にそれぞれ付加したものであっても良く、さらに、上記に加え異常値判定部を設け、ここで予め設定したゼロ点補正量の最大値及びスパン補正量の最大値、\*

\*と、上記ゼロ点補正量及びスパン補正量とを比較し、この結果ゼロ点補正量あるいはスパン補正量の少なくとも一方が前記最大値を越えたとき、外部に警報を発生するようにしたMFCである。

#### 【0012】

【作用】本発明によれば、まずMFCに流体を流さない状態で疑似的に流体が流れている状態の温度分布を初期校正時に設定することができ、かつこの温度分布をMFCに流体を流して実際に使用している状態の温度分布と一致させることができる。これを以下に説明すると、上流下流センサコイルに一定電流を通じたときの温度分布は図-7に示すように、上流、下流が等しい温度分布となる。次に上流、下流センサコイルに一定電流を通じて流体を流したときの温度分布は図-7に示すように上流側の温度が低下し、下流側の温度が上昇した温度分布となる。一方、センサコイルの温度は、コイルに通じる電流によって変化させることもできる。この関係を図6に示した熱熱抵抗体が1個のセンサモデルを用いて求める。10はセンサパイプで、このセンサパイプの直径をR、肉厚をDとし、このパイプを流れるガスの流量をQ、ガスの比熱をC<sub>g</sub>、抵抗の温度係数をα、パイプの熱伝導率をα<sub>1</sub>、大気熱伝導率α<sub>2</sub>、室温での抵抗値R<sub>0</sub>。とすると、

#### 【数1】

$$\Delta T = \frac{\alpha I^2 R_0^2}{\alpha_1 \cdot \pi R \cdot D + \alpha_2 \cdot \pi R \cdot L - I^2 R_0 \alpha + C_g Q} = \frac{I^2 C}{K_1 - K_2 I^2 + C_g Q}$$

ここで、 $K_1 = \alpha_1 \cdot \pi R \cdot D + \alpha_2 \cdot \pi R \cdot L$   
 $K_2 = R_0 \alpha$   
 $K_3 = R_0^2 \alpha$

となる。(詳しくは特願平3-324184号参照)

流体が流れている状態での温度変化を示すΔTは上式において、電流Iを一定とし流量Qを変化させることによって求めることができる。一方流体を流さない状態での温度変化を示すΔTは上式において、流量Qを0とし電流Iを変化させることによって発生させることができる。以上は、センサコイルが1個のモデルでの温度変化を説明したものであるが、コイルが2個の場合も同様に、各コイルの電流を変化させることでコイル温度を上昇又は下降させることができる。従って、流体を流さない状態で疑似的に発生させる温度分布を、流量Qを変化させて求めた上流、下流のコイル抵抗値に一致させるように上流側コイルあるいは、下流側コイルに流れる電流Iを操作してやれば両者の温度分布は一致することになる。以上のことより、補正の基礎となる疑似的に発生させる温度分布と、実流量にともなう温度分布とを一致させることができるのでセンサ巻回部の条件が同一となり、結果的に後で行うゼロ点補正及びスパン補正が正確なものとなる。次に初期校正時において、MFCに流体を流さない状態で、上流側コイルあるいは下流側

コイルに流す電流を上述のとおり変化させることによって生じる疑似的な温度分布、即ち不平衡電圧を検出し記憶することは、MFCを使用する前の初期状態での校正基準を設定することにはかならない。ここで電流を段階的に変化させることはフルスケール流量に対する流量比(以下単に流量比ということがある)を小流量域から大流量域まで全体的に比較・校正するために行っている。そしてMFCを使用した後での検定時において、初期校正時と同条件で即ち流体を流さない状態で不平衡電圧を検出し記憶することは、上記初期校正時に記憶した不平衡電圧と比較するため、この比較の結果で両者に差が生じている場合はセンサパイプ内の状況に変化が生じたものと検知できる。さらに、この差をもとにゼロ点補正量及びスパン補正量を演算して求め、この結果から初期校正時の基準状態にもどす補正を行うこと、またこの補正量が許容できる最大値を越えた場合は外部に警報を発生させることなどができるものである。以上より、MFCを製造ラインに配管したままの状態、実流量と測定流量との関係を初期状態と同じに近づけるゼロ点シフト

及びスパンシフトの補正を自動的に行うことができる。

#### 【0013】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図面を参照しながら説明する。図1は本発明に係るMFCの構成を概略的に示すブロック図である。図において、前述の図4と同一符号は同一物を示し、その説明についてはここでは省略する。20は電流変換部で、本実施例では従来のブリッジ回路に対し上流側コイル及び下流側コイルに直接複数N個（ここでは5個）の異なった値をもつ抵抗体を切替え可能に構成したもので、詳しくは後述するが、この回路を切替えることによって、上下コイル間に段階的な不平衡電圧を生じせしめ、疑似的に流体が流れている状態をつくり出すことができるようになっている。21は不平衡電圧読取り部で、初期校正時及び補正を行う検定時に上記電流変換部20で発生させた不平衡電圧を読み取るもので、初期校正時に読み取った各不平衡電圧 $\Delta E_i$ は初期不平衡電圧記憶部23に、また検定時に読み取った各不平衡電圧 $\Delta E_n$ は検定不平衡電圧記憶部22に出力されるように構成されている。22は検定不平衡電圧記憶部、23は初期不平衡電圧記憶部で、上記で検出した不平衡電圧 $\Delta E_i$ と $\Delta E_n$ をそれぞれ記憶するようになっている。ここで初期不平衡電圧記憶部23では、初期校正時に発生させた6段階の流量比に対する不平衡電圧 $\Delta E_{i0} \sim \Delta E_{i5}$ を常に記憶しておくが、検定不平衡電圧記憶部22では、随時行われる検定時に検出した同じく6段階の不平衡電圧 $\Delta E_{n0} \sim \Delta E_{n5}$ を検定時毎に更新して記憶するようになっている。

【0014】24は比較演算部で、初期不平衡電圧記憶部23に記憶された不平衡電圧 $\Delta E_{i0} \sim \Delta E_{i5}$ と、検定不平衡電圧記憶部22に記憶された不平衡電圧 $\Delta E_{n0} \sim \Delta E_{n5}$ をそれぞれ比較し、これに基づいて得られるゼロ点補正量と、スパン補正量を演算し、これらに相当するゼロ点補正信号zとスパン補正信号sが出力されるようになっている。なお、比較部と演算部を別々に設けてもよいことはいうまでもない。25はゼロ点補正部で、上記ゼロ点補正信号zに基づいて現状でのゼロ点の変動を正常な初期のゼロ点まで補正するように構成されている。26はスパン補正部で、上記スパン補正信号sに基づいて現状でのスパンの傾きのズレを初期の状態まで補正するように構成されている。30は異常値判定部で、比較部23から出力されるゼロ点補正信号zとスパン補正信号sを同時に入力し、予め設定したゼロ点補正量の最大値 $z_o$ とスパン補正量の最大値 $s_o$ とをそれぞれ比較して、この結果ゼロ点補正あるいはスパン補正の少なくとも一方がこの最大値を越えたとき、外部の警報装置33に異常を知らせる信号を出力するようになっている。31は外部から予め設定し、異常判定部30に入力されるゼロ点補正量の最大値で、32は同じくスパン補正量の最大値である。33はゼロ点補正量あるいはスパン補正量が上記基準値を越えた時に作動するように構成された警報装置で

ある。

【0015】次に電流変換部20について図2を用いて説明する。まずセンサ部は、上流側コイル $R_7$ 、下流側コイル $R_8$ 、固定抵抗 $R_1$ 、 $R_2$ とからなるブリッジ回路12と、ツェナーダイオード40、比較器41、各抵抗からなる電圧抑制回路と、トランジスタ42からなるスイッチング素子と、直流電源部とから構成されており、通常のMFC使用時は電圧制御回路とスイッチング素子との働きによりブリッジ回路間の電位を一定に制御し、上流側及び下流側コイルに流れる電流を一定に保つようになっている。従って流量変化にともなう熱移動を不平衡電圧 $\Delta E$ として取り出し制御している。そして電流変換部20は、例えば図示のように上流側コイル $R_7$ に対し $\infty$ の抵抗値をもつ $R_{10}$ と5個の異なった値をもつ抵抗 $R_{11} \sim R_{15}$ を切替スイッチを介し切替え自在に付加したもので、これは上流側コイル $R_7$ に流れる電流を段階的に減少させる方向に働く。 $R_{11} \sim R_{15}$ の抵抗値の関係は $R_{15}$ 側に向って抵抗値を小さくするが、 $R_{11}$ の場合フルスケール流量に対する流量比が20%の温度分布を生じるように抵抗値を設定し、以下同様に $R_{12}$ は40%、 $R_{13}$ は60%、 $R_{14}$ は80%、 $R_{15}$ は100%となるようにそれぞれ抵抗値を設定し、上流側コイル $R_7$ に流れる電流をコントロールする。なお $R_{10}$ は流量が0の場合の設定に使用する。一方下流側コイル $R_8$ に対しては、 $\infty$ の抵抗値をもつ $R_{16}$ と5個の異なった値をもつ抵抗 $R_{17} \sim R_{21}$ を切替スイッチを介して切替自在に付加し、これは下流側コイル $R_8$ に流れる電流を段階的に増加させる方向に働くようになっている。 $R_{17} \sim R_{21}$ の抵抗値は $R_{21}$ 側に向って抵抗値を小さくするが、上流側コイル $R_7$ の場合と同様に $R_{17}$ の場合流量比が20%の温度分布を生じるように抵抗値を設定し、以下同様に $R_{18}$ は40%…… $R_{21}$ は100%となるようにそれぞれ抵抗値を設定し、下流側コイル $R_8$ に流れる電流をコントロールする。なお $R_{16}$ は流量が0の場合の設定に使用する。なお、以上で述べた抵抗値の設定は、各流量比ごとに上流側の抵抗と下流側の抵抗を対応させ、これを同時に連動させて、上流側コイル $R_7$ と下流側コイル $R_8$ 間の電流差をコントロールし、実際の流量比に一致する疑似的な温度変化を発生させるので上流側と下流側との相対的な電流変化を考慮して抵抗値を設定することが必要である。以上の構成において初期校正時には、MFCに流体を流さない状態で各流量比に相当する疑似的な温度分布を発生させ、この時の不平衡電圧を検出するが、まず、流量比が0のときは $R_{10}$ と $R_{16}$ にスイッチを切替へ、この時の不平衡電圧 $\Delta E_{i0}$ を読取り記憶する。これは通常使用時の流体が流れていない状態での不平衡電圧と同じであり、この部分は省いてもよいが、流量比が0の場合をつくりゼロ点補正の基準を設定するために行った。次に流量比が20%のときは $R_{11}$ と $R_{17}$ にスイッチを同時に切替へ、この時の不平衡電圧 $\Delta E_{i1}$ を読取り記憶する。以下同様に行い5段階変化させ、



これによって得られる不平衡電圧 $\Delta E_{i0} \sim E_{is}$ を読取り記憶させこの値をその後の検定時、即ち補正時の校正基準とする。その後MFCを使用した後での検定時において上記初期校正時と同条件で同様に不平衡電圧 $\Delta E_{n0} \sim E_{ns}$ 読取り記憶する。この不平衡電圧同志を比較、演算して各補正量を求め補正を行うものである。なお、電流変換部を作動させるのは初期校正時と補正を行う検定時のみで、通常の流量制御については上述のブリッジ回路によってMFCの制御を行っている。

【0016】次にゼロ点シフト及びスパンシフトの補正について、図3を用いて説明する。図において、縦軸は不平衡電圧 $\Delta E_i$ あるいは $\Delta E_n$ を示し、横軸は電流変換部を切替えることによって生じる電流差であるが、言葉換えれば上述の通りフルスケール流量に対する流量比と見なおすことができるので、そのように記載してある。図中a線は初期校正時の特性を示し、初期校正時に流体を流さない状態で、上記した各流量比に相当する抵抗 $R_{i0} \sim R_{is}$ 及び $R_{n0} \sim R_{ns}$ を変化させることによって生じる不平衡電圧 $\Delta E_i$ を計測したものである。また、MFCを使用した後での検定時において、上記と同条件で計測した特性をb線に示す。このa線、b線が示すようにMFCを使用するとセンサパイプ内の状況が変化するのでセンサ部の特性も変化し、ゼロ点シフト及びスパンシフトが生じる。ここで、 $\Delta E_{n0}$ を初期のゼロ点まで補正する操作を初期不平衡電圧 $\Delta E_{i0}$ と検定不平衡電圧 $\Delta E_{n0}$ との比較によって、ゼロ点補正量 $k$ を算出し補正を行う。このゼロ点の補正を行った結果を説明のためc線に示す。この状態ではまだスパンシフトの補正は行われていないので、次に傾きのずれを例えば $l_0/m_0$ の比として出し、これを6点間についてとり出しこの平均を算出し、これをスパン補正率としてスパン補正量を決定し補正を行う。

【0017】以上のようにして、上記構成のMFCにおいては、従来の熱式質量計センサの機能はそのまま備えていると共に、電流値が変化できることにより、ゼロ点あるいは任意の点での不平衡電圧のズレを知ることができ、また、電流を段階的に切替え変化できることにより、各電流差に対する不平衡電圧の変化を傾きとして取り出すことができる。即ち各流量比に対するスパンのズレを知ることができる。従って、初期校正時とMFC使用中での検定時に同条件で不平衡電圧を測定・記憶・比

較・演算することにより、ゼロ点での不平衡電圧の差(ズレ)をゼロ点補正量として、また各測定間でのスパンの差(傾きのズレ)をスパン補正量として出力し後処理することで自動補正をすることができる。

#### 【0018】

【発明の効果】本発明は、以上の通りMFCセンサ部の使用時と校正時の温度分布を一致させた上で、MFCを製造ラインに設置したままの状態でゼロ点シフト及びスパンシフトを随時自動補正することができ、長期にわたって高精度の流量制御を行うことができる。また、ゼロ点補正量あるいはスパン補正量が異常と判断された場合は警報装置を作動するようにしたので、大量の不良品を発生したり、製造ラインを長時間にわたって停止するようなことがない。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例を示し、MFCの構成を概略的に示すブロック図である。

【図2】 図1のMFCにおける電流変換部の実施例を示す説明図である。

【図3】 本実施例の補正について説明する特性線図である。

【図4】 従来のMFCの構成を示す概略図である。

【図5】 従来のセンサ部を示す概略図である。

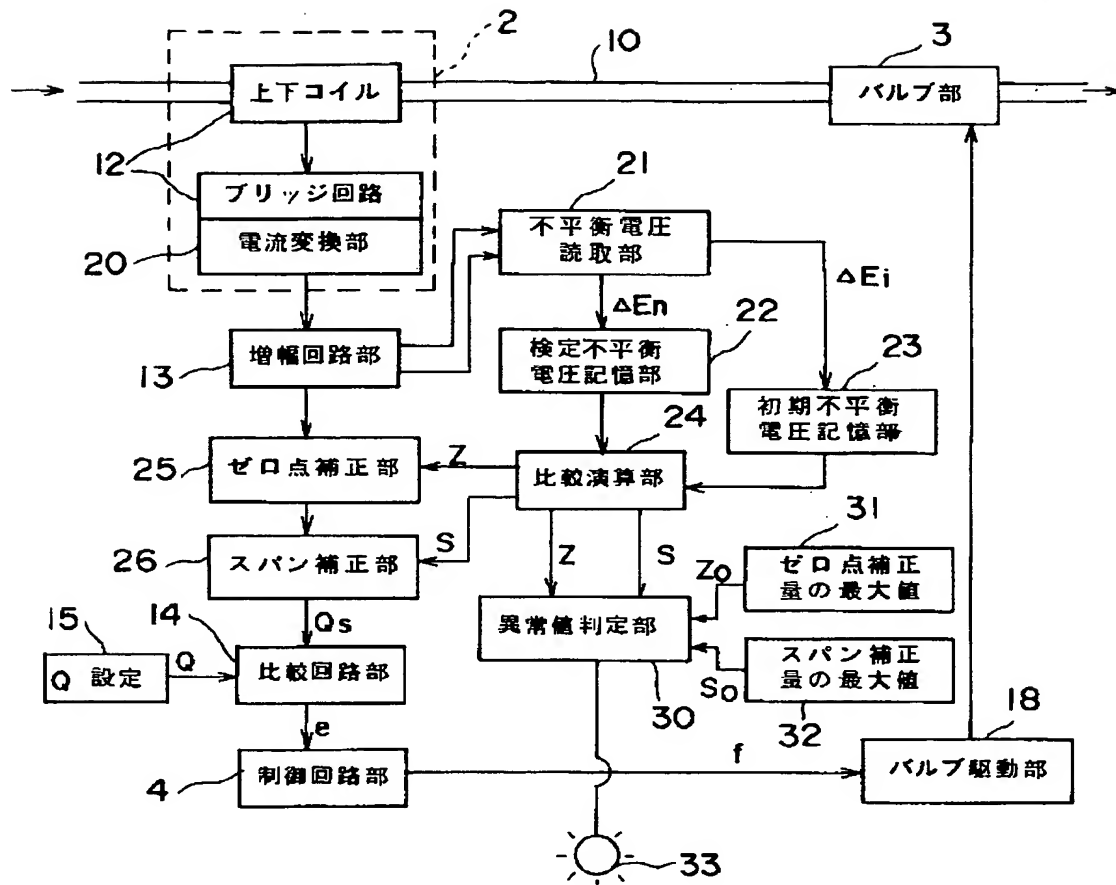
【図6】 発熱抵抗体が1個の場合のセンサモデル図である。

【図7】 温度分布を示す線図である。

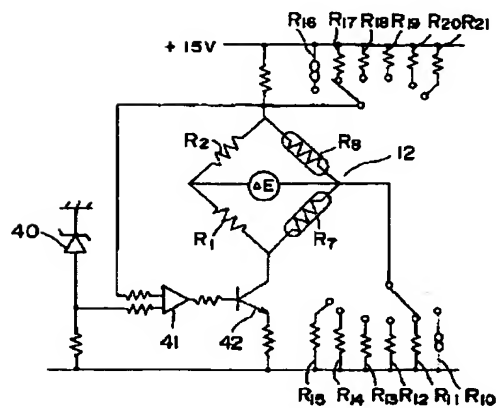
#### 【符号の説明】

- 1…MFC本体
- 2…センサ部
- 3…バルブ部
- 4…制御回路部
- 20…電流変換部
- 21…不平衡電圧読取り部
- 22…検定不平衡電圧記憶部
- 23…初期不平衡電圧記憶部
- 24…比較部
- 25…ゼロ点補正部
- 26…スパン補正部
- 30…異常値判定部
- 33…警報装置

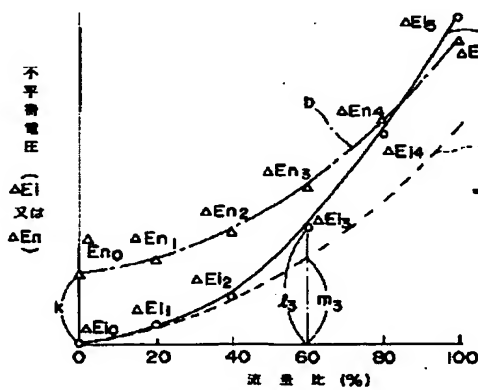
【図1】



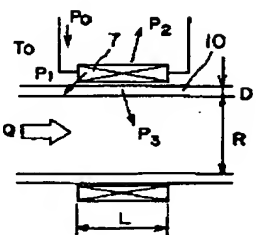
【図2】



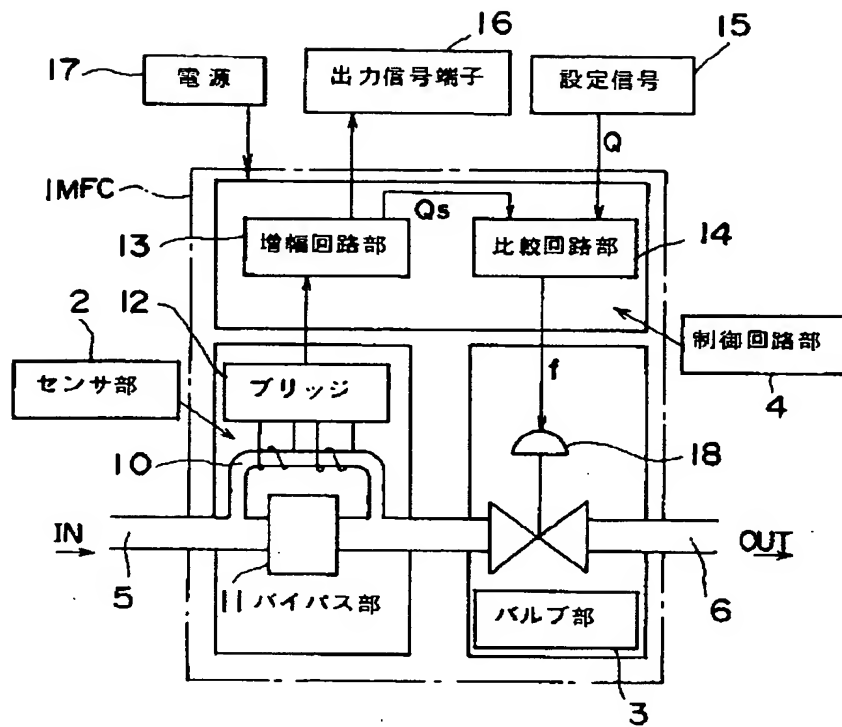
【図3】



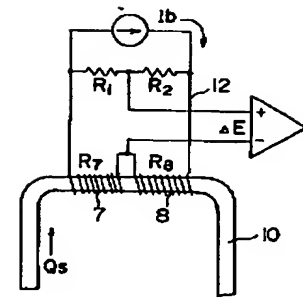
【図6】



【図4】



【図5】



【図7】

